

Controlador Inteligente De Transporte

Alejandro Ruiz Villalonga¹, Ernesto Ortega Morales², Alejandro J. Cabrera Sarmiento³

¹ CITI, Departamento Electrónica arui@udio.cujae.edu.cu

² CITI, Departamento Electrónica ortega@udio.cujae.edu.cu

³ CITI, Departamento Electrónica alex@electrica.cujae.edu.cu

RESUMEN / ABSTRACT

En el presente trabajo se expone la concepción, desarrollo e implementación de un Controlador Inteligente de Transporte, el cual se encarga del control de una intersección semaforizada. La estructura hardware del controlador ha sido dividida en dos clases de tarjetas: las Tarjetas de Luces, encargadas de activar las señales para las indicaciones en una intersección (luces, sonido, etc.) y la Tarjeta de Control, encargada del control de la intersección gobernando hasta cuatro tarjetas de luces con las cuales se comunica, así como de establecer comunicación con un nivel jerárquico superior. Ambas tarjetas han sido desarrolladas en base a microcontroladores de 8 bits de Microchip. El firmware de ambos tipos de tarjetas ha sido desarrollado y puesto a punto utilizando PIC C de CCS.

El desarrollo de este controlador, de prestaciones superiores a los existentes actualmente en el país, permite su inserción en un Sistema Inteligente de Transporte (SIT) que se encuentra en fase de desarrollo.

Palabras claves: Microcontrolador, semáforo, Sistema Inteligente de Transporte.

Intelligent Transportation Controller

The present work describes the design, development and implementation of Intelligent Transportation Controller, which is responsible for the control of a signalized intersection. The controller hardware structure has been divided into two kinds of cards: Cards lights, turn signals responsible for the signs at an intersection (lights, sound, etc.) And Control Board, which manages the intersection rule until four cards of lights with which it communicates, as well as communicates with a higher hierarchical level. Both cards have been developed based on 8-bit microcontrollers from Microchip. The firmware of both card types has been developed and perfected using CCS PIC C.

The development of this driver, superior performance to those currently existing in the country, to fit into an Intelligent Transportation System (ITS) is currently under development.

Key words: Microcontroller, Intelligent Transportation System, semaphore.

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años la dirección del país ha estado buscando soluciones para crear una infraestructura de transporte eficiente que cumpla con las necesidades actuales.

Con este objetivo se ha estado desarrollando, entre varias instituciones, un controlador semafórico para evitar los altos precios de los mismos en el mercado mundial y para acercarlo más a las características de la red de tránsito del país.

Esta investigación ha llevado a la conclusión de que para crear un sistema eficiente de transporte no sólo basta con el desarrollo de un controlador semafórico local sino que debe desarrollarse todo un Sistema Inteligente de Transporte (SIT) que incluya entre sus componentes al controlador semafórico así como a otros controladores locales que ayuden a la monitorización y control de la red de tránsito, tales como

sistemas de información al viajero, identificación automática de vehículos, etc.^{1, 2, 3}.

Del estudio de diferentes Sistemas Inteligentes de Transporte se ha determinado que la estructura del mismo debe de estar organizada de forma jerárquica en donde, desde un puesto de mando o centro de control se pueda monitorizar y controlar todo el sistema. Esta estructura está compuesta fundamentalmente por cuatro elementos (Figura 1): el Centro de Control, los Controladores Maestros, los Controladores Locales y sus respectivos soportes de comunicaciones.

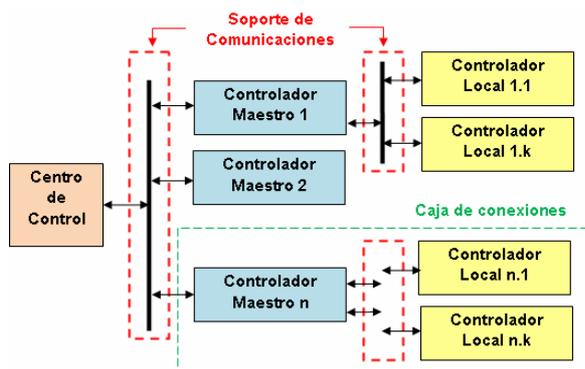


Fig. 1: Estructura jerárquica del SIT.

Los Controladores Locales (CL) son dispositivos que realizan tareas específicas para el Sistema Inteligente de Transporte. El ejemplo de controlador local por excelencia es el controlador semafórico, aunque pueden existir otros como los utilizados para la localización automática de vehículos, la medición del flujo vehicular, los de brindar información al viajero, etc. Estos controladores locales, a su vez, pueden comunicarse con módulos específicos que complementen la funcionalidad de los mismos. Por ejemplo, el controlador semafórico es un controlador local fabricado por módulos o tarjetas interconectadas a través de un “backplane” que posee un módulo de procesamiento que debe comunicarse con las tarjetas o módulos que activan las luces de las intersecciones semaforizadas (Figura 2).

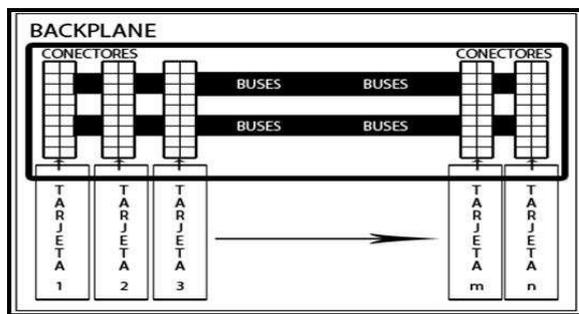


Fig. 2: Esquema general que refleja un diseño a base de tarjetas o módulos.

Los Controladores Maestros (CM) son los elementos intermedios de la jerarquía y se encargan principalmente de garantizar la comunicación entre los controladores locales y el centro de control. Para ello deben disponer de múltiples interfaces de comunicación para poder comunicarse con el centro de control y con los diferentes controladores locales.

No obstante lo anterior, el servir de puente de comunicaciones no es la única tarea que debe realizar el controlador maestro. En su concepción debe considerarse la posibilidad de que pueda realizar tareas correspondientes a algunos de los controladores locales, así como que disponga de recursos de hardware suficientes para implementar otras funcionalidades.

El Centro de Control (CC) es el elemento de mayor jerarquía en la estructura del SIT. Es el lugar donde se monitorea y controla toda la red de tránsito de la ciudad. Está conformado por una o más computadoras en las que se ejecuta el software

de gestión del SIT. Este nivel puede comunicarse con los controladores locales a través de los controladores maestros distribuidos por toda la red.

En el centro de control se ejecutan, entre otras, aplicaciones basadas en sistemas de información geográficos para ofrecer la ubicación real de los diferentes controladores maestros, pudiendo gobernarse la operación de estos desde el centro de control. Por ejemplo, permite enviar información específica de ayuda al viajero hacia el controlador maestro asociado a una determinada localización o controlar a distancia las luces de determinados semáforos, como puede ser requerido en el caso de que sea necesario dar prioridad absoluta a determinadas vías.

El soporte de comunicaciones permite, por una parte, el enlace entre los controladores locales y el controlador maestro y, por otra, el enlace entre estos y el centro de control. Dada la diversidad de posibles controladores locales con diferentes tipos de interfaz de comunicación, el soporte de comunicaciones entre los controladores locales y el controlador maestro debe incluir una amplia gama de interfaces entre las que se incluyen interfaces serie (TTL, RS-232 y RS-485), USB, I2C, SPI, GSM/GPRS y Ethernet.

El soporte de comunicaciones entre el centro de control y los controladores maestros estará basado en comunicaciones IP, ya sean inalámbricas o cableadas, a través de GPRS o Ethernet respectivamente.

El objetivo de este trabajo es el desarrollo del firmware y el hardware del Controlador Inteligente de Transporte.

El apartado 2 “Controlador inteligente de transporte. Su concepción hardware” aborda todo el contenido referente a la concepción y diseño del hardware, principio de funcionamiento del Controlador Inteligente de Transporte.

En el apartado 3 “Controlador inteligente de transporte. Su concepción firmware” se trata lo relacionado con el firmware incluyendo lo relacionado con los modos de trabajo, el protocolo de comunicación y la sincronización.

En el apartado 4 se exponen los resultados alcanzados después de la implementación del firmware de ambas tarjetas, de control y de luces.

CONTROLADOR INTELIGENTE DE TRANSPORTE. SU CONCEPCIÓN HARDWARE

El Controlador Inteligente de Transporte basa su diseño y construcción en las normas y estándares establecidos para la fabricación de los mismos en el mundo.

Su estructura física básicamente está compuesta de los siguientes elementos o bloques:

- Tarjeta de Control o CPU.
- Tarjeta Inteligente de Luces.

Tarjeta de control o CPU

La tarjeta de control o CPU es el cerebro del Controlador Inteligente de Transporte, pues en ella se van a realizar el mayor por ciento de las operaciones de procesamiento del programa de operación del semáforo.

Cuenta con una unidad central para el procesamiento basada en un microcontrolador PIC18F4550. El mismo presenta interfaz de comunicación UART, USB e I2C, varias fuentes de interrupciones, número de pines de E/S elevado y capacidad de memoria de datos y de código apropiados para esta aplicación ⁴.

El hardware incorpora un reloj de tiempo real (RTC) para la actualización de la base de tiempo con respaldo de alimentación eléctrica a través de una batería de Litio de 3V para casos de falla de la energía principal ⁵. También se incorporó una memoria externa EEPROM del tipo 24AA512 para almacenar los planes de operación del semáforo y no sobrecargar la memoria interna del microcontrolador, la misma cuenta con una capacidad de 64KB ⁶. En cuanto a las interfaces de comunicación (I2C, UART y USB), se utilizan para el intercambio de datos entre esta tarjeta y las tarjetas de luces, el controlador maestro y otros dispositivos como PDA, PC mediante los cuales se le realiza la descarga de los planes y configuraciones a dicha tarjeta. Por último, presenta una interfaz de conexión para la utilización de un mando a distancia en caso de pasar a Modo Manual de trabajo, ver Figura 3.

Se le incorporó además la posibilidad de programación del microcontrolador vía *In Circuit Serial Programming* (ICSP), brindando comodidad y fácil reconfiguración de la tarjeta de control sin la necesidad de extraer el microcontrolador en plena intersección.

La alimentación de voltaje VCC es de +5V, la cual es tomada a través de la inserción de la tarjeta en el Backplane. Contiene también varios LED's con el propósito de utilizarlos como señalizadores de puesta en marcha, detección de errores, entre otros fines.

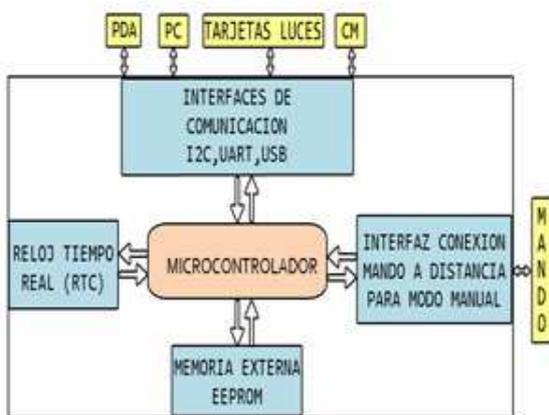


Fig. 3: Diagrama en bloques con los elementos principales del diseño propuesto para la Tarjeta de Control.

Tarjeta Inteligente de Luces

La Tarjeta Inteligente de Luces, recibe el adjetivo “inteligente” porque en su concepción se establece la presencia de una unidad de procesamiento que le brinda cierta autonomía e inteligencia. Dicha unidad de procesamiento la constituye un microcontrolador PIC16F876A de la gama media, protocolo I2C y configuración externa de 28 pines, siendo estos requisitos los más importantes para cumplir las exigencias operativas de esta tarjeta, en cuanto a microcontrolador se refiere ⁷.

Se incorporaron además cuatro circuitos 74HC595 que operan como registros de desplazamientos con la funcionalidad de actuar como expansiones de los puertos del microcontrolador solución que brinda menos costos a la tarjeta al no tener que optar por un microcontrolador de más pines de E/S y por ende más caro. A través de los registros de desplazamiento se envía la información a un bloque compuesto por circuitos optoacopladores, triacs y resistores que conforman 16 canales. Estos manejan las salidas de señal de nivel de voltaje de AC para la conexión de las luces del semáforo u otros dispositivos como bocinas, indicadores lumínicos especiales, etc. Cada uno de los 16 canales que contiene cada tarjeta inteligente de luces lleva incorporado un pequeño bloque de circuito para el sensado de la señal de salida, información transmitida en retroalimentación al microcontrolador, a través de un bloque de buffers de tercer estado 74HC244, para la detección de diferentes errores o fallos tanto internos (circuitales) como externos (bombillas fundidas, cables interrumpidos, etc.). Se posee un panel de 16 LED's y cada uno refleja el estado de la salida de cada canal respectivamente. Además se puede utilizar estos indicadores lumínicos indistintamente para visualización de estados de fallos, depuración errores, etc., mediante intervalos de parpadeos continuos a diferentes frecuencias.

También se realiza un sensado de la alimentación de voltaje de AC principal mediante optoacopladores. Todas las líneas de AC de la tarjeta están protegidas contra corto-circuitos o aumentos bruscos de la potencia mediante una barrera de fusibles.

Esta tarjeta es capaz de comunicarse con la tarjeta de control y con otras tarjetas de luces (de no encontrarse activa la tarjeta de control por algún fallo o desconexión total, tomado como caso de emergencia), a través del bus I2C.

La alimentación eléctrica para todos sus circuitos es de +5V DC, tomados del Backplane, y además posee una entrada de 120V AC manipulada por cada uno de los 16 canales de salida. Ver Figura 4.

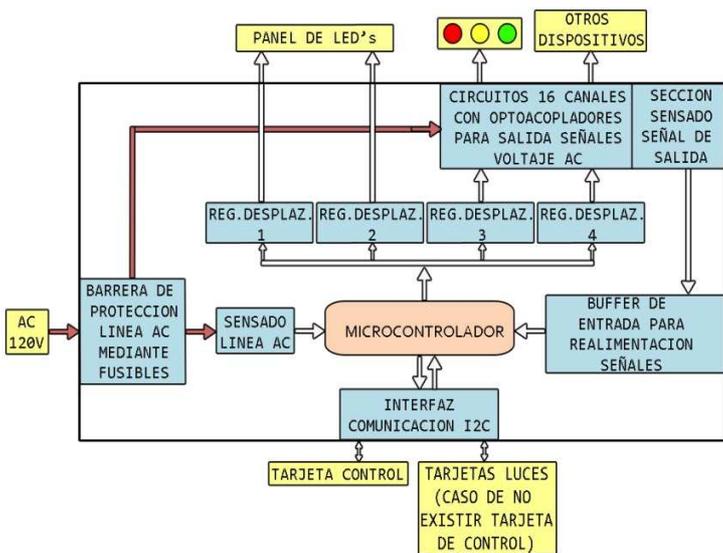


Fig. 4: Diagrama en bloques que contiene los elementos principales del diseño propuesto para la Tarjeta Inteligente de Luces.

Principio de funcionamiento de la Tarjeta de Control o CPU

La Tarjeta de Control o CPU, como se ha mencionado anteriormente, procesa los planes de operación del semáforo y por tanto genera las señales de encendido o apagado de las luces y gestiona la comunicación con un centro de control remoto, a través del controlador maestro asociado. Los planes de operación del semáforo son almacenados inicialmente en la memoria EEPROM, conectada al bus I2C del microcontrolador PIC18F4550. El tiempo de encendido o apagado de las luces del semáforo lo impone el microcontrolador a partir de la planificación almacenada en la memoria ante mencionada, actualizando su base de tiempo a través del RTC, acoplado también al bus I2C.

El microcontrolador además incorpora las funciones necesarias para garantizar la comunicación con los diferentes dispositivos utilizando un protocolo común para todos.

Principio de funcionamiento de la Tarjeta Inteligente de Luces

La Tarjeta Inteligente de Luces manipula dos tipos de tensión: tensión de corriente alterna (hasta 150 VAC) y tensión de corriente directa (entre 0 y +5VDC). Esto define dos zonas dentro de la tarjeta, ambas aisladas entre sí.

Su microcontrolador PIC16F876A, es capaz de acoplarse al bus I2C, para el intercambio de información respecto a los planes de operación del semáforo para el manejo de las señales de salida. Soporta hasta 16 luces conectadas, cuyas señales de encendido o apagado son generadas desde la tarjeta de control. El microcontrolador lee y procesa el estado de las luces, luego las muestra en las salidas y chequea el resultado obtenido para enviárselo a la tarjeta de control una vez que esta lo solicite.

Cada salida de las señales de luz puede soportar hasta 4A, corriente manipulada por cada Triac respectivamente, y brinda una tensión de 110 VAC RMS.

CONTROLADOR INTELIGENTE DE TRANSPORTE. SU CONCEPCIÓN FIRMWARE

Manteniendo la línea de desarrollo de los controladores semafóricos cubanos se utilizó para desarrollar el firmware de nuestro controlador, el compilador PIC C de CCS y un sistema operativo, En este caso se utilizó la plataforma prothreads que, en principio, su funcionamiento se basa en la utilización de hilos similar a como lo hace un sistema operativo. La principal ventaja de utilizar prothreads es que el mismo permite una mejor administración de los recursos del sistema, elemento este que es muy importante en el caso de los sistemas con microcontroladores donde los recursos son muy limitados. Además permite aumentar la legibilidad del código al organizar mejor el mismo.

Fichero de trabajo de la intersección

Con el objetivo fundamental de hacer que el firmware sea el mismo para cada una de las intersecciones semafóricas, se usa la memoria externa EEPROM en el diseño, esta almacena las características del comportamiento de la intersección, dígame, los planes a ejecutar, sus distintas fases y la información de tiempo. Este fichero está formado por los siguientes segmentos:

- El encabezado o descriptor del programa.
- La tabla de planes.
- Los planes.
- Las fases.

En el encabezado se almacenan los datos relacionados con este fichero como son, fecha y hora de creación, así como el tamaño que este tiene entre otros datos.

Los planes no son más que una sucesión de fases que deben ejecutarse en una fecha, a una hora determinada y con una duración predefinida.

Las fases son el estado de las salidas de luz de la intersección durante una fracción del tiempo de ciclo. El estado de cada luz puede tener cuatro valores posibles:

1. Encendido
2. Apagado
3. Parpadeo
4. No utilizada

Modos de trabajo

Utilizando la variante de operación multimodo utilizada en los controladores europeos C800V y C900V, este controlador incorpora cuatro modos de operación: modo automático, modo manual, modo de control remoto y modo de emergencia.

Modo manual

Este modo está pensado para cuando sea necesario manejar el cambio de fases de la intersección semafórica de manera manual. El mismo incorpora la utilización de un mando a distancia para realizar la conmutación entre este modo y el modo automático y para realizar el cambio de la fase.

Modo de control remoto

Para priorizar la circulación a vehículos tales como ambulancias, bomberos, carros de policía y caravanas, se implementa este modo que, como su nombre lo indica, será supervisado desde el centro de control.

El centro de control establece la comunicación con el controlador semafórico de la intersección, a través del controlador maestro, para establecer la fase preferencial.

Modo de emergencia

El modo de emergencia es el que reserva su ejecución para situaciones excepcionales y así evitar dejar la intersección “bloqueada” ante un problema dado. Básicamente lo que hace el semáforo es cargar un plan de intermitencia desde la memoria EEPROM externa. Los casos en que este modo entra en ejecución son los siguientes:

- En caso de que se acceda a la memoria EEPROM externa para actualizar un plan y no se encuentre ninguno que le toque ejecutarse en ese momento.
- Cuando se va a llevar a cabo la reprogramación de la memoria EEPROM externa por parte del centro de control para actualizar los planes de operación, en este caso la intersección se pasa automáticamente a este modo.

Protocolo de comunicación

Se diseñó este protocolo de comunicación para que opere independiente de la interfaz de comunicación que se utilice. En ese caso está la comunicación vía UART con el controlador maestro, con lo cual se garantiza la posibilidad de reprogramación de los planes de operación que están en la EEPROM externa. También se permite implementar el modo de control remoto, así como la posibilidad del envío de la fecha y la hora desde el controlador maestro. Además, el protocolo se utiliza en la comunicación con las tarjetas de luces vía I2C y para recibir desde un PC portátil la programación de los planes de operación por vía USB.

Para realizar lo anteriormente expuesto se implementaron los comandos que se muestran en la Tabla I.

Tabla I: Principales comandos utilizados en el protocolo de comunicación

| Comando | Función |
|---------------------|--|
| CAMBIO_PROG | Se le avisa a la tarjeta de control que se va a comenzar a modificar los planes de trabajo ya sea desde el controlador maestro o desde una portátil conectada al puerto USB. |
| CANT_PACKAGE | Se le avisa a la tarjeta de control la cantidad de paquetes que |

| | |
|-----------------------------|--|
| TX_PACKAGE | recibirá desde el controlador maestro o desde una portátil conectada al puerto USB. Aquí se le envía el paquete de información en sí a la tarjeta de control, los cuales esta tarjeta copiará en la EEPROM. Pueden ser recibidos desde el controlador maestro o desde una portátil conectada al puerto USB. |
| CTRL_REMOTO | Utilizado para avisar a la tarjeta de control que se va a entrar en modo de control remoto, este se envía solamente desde el controlador maestro. |
| ROJA_BLINK FASEX | Con estos comandos se le envía a la tarjeta de control una fase o combinación de luces desde el controlador maestro la cual proviene del centro de control. En el caso del primer comando se envía la fase de todas las rojas intermitentes, con el objetivo de avisar a los vehículos. Con el segundo comando se envía la fase que se necesitaba poner. |
| FIN_CTRL_REMOTO | Para avisar cuando el controlador semafórico debe entrar en modo automático otra vez. |
| RECIVIR_TIEMPO | Utilizado para recibir la fecha y la hora lo mismo desde el controlador maestro o desde una portátil conectada al puerto USB. |
| ENVIAR_TIEMPO | Ante una solicitud, desde el controlador maestro o desde una portátil conectada al puerto USB, se envía la fecha y la hora que tiene la tarjeta de control |
| ENVIAR_TEMP | Ante una solicitud, desde el controlador maestro o desde una portátil conectada al puerto USB, se envía la temperatura existente en los alrededores de la tarjeta de control. |
| CHEQUEO_TARJETAS | La tarjeta de control realiza un escaneo de las tarjetas inteligentes de luces que están conectadas con este comando enviándoselo a estas y esperando respuesta. |
| PLAN_EMERG_TARJETAS | Se le envía a las tarjetas inteligentes de luces con el plan de emergencia que deben seguir en caso de algún fallo. |
| PEDIR_ESTADO | La tarjeta de control solicita el |

estado de las salidas de luz de las tarjetas inteligente de luces para determinar si existe algún problema, que podría ser una luz fundida.

AVISAR_AMO

Se le dice a una de las tarjetas inteligentes de luces que sea esta la que tome el control del bus I2C en caso de detectarse algún fallo en el mismo.

ENVIO_FASE

Con este comando se le envía a las tarjetas inteligentes de luces la fase a ser mostrada en cada momento.

Sincronización

La sincronización tiene por objeto que un vehículo que circule por una arteria semaforizada en un sentido y a una velocidad determinada, encuentre el menor número de semáforos en rojo y que los tiempos de parada sean mínimos. Esto lo debe garantizar quien programe los planes de trabajo de las intersecciones de manera tal que las mismas trabajen sincronizada. Lo que debe garantizar el controlador semafórico es mantener esta programación, según los horarios establecidos, aún cuando ocurra alguna eventualidad

Las siguientes son las condiciones en las que se da la necesidad de resincronizar la intersección:

- Restablecimiento del servicio tras la pérdida del fluido eléctrico.
- Entrada al modo automático.
- Tras la actualización de la fecha y la hora.

La forma en que se realiza la sincronización es sumándole tiempo a las fases que les toca ejecutarse inmediatamente después de uno de los eventos anteriormente mencionados (siempre y cuando la fase que se va a mostrar incluya alguna luz verde), hasta que los tiempos de ciclos se reajusten. Este método da la posibilidad de resincronizar la intersección en, como máximo, tres ciclos del plan.

RESULTADOS

Se tienen desarrolladas las maquetas de las tarjetas de Control e Inteligente de Luces, las cuales se encuentran en proceso de prueba y puesta a punto. En cuanto al firmware, se manejan las salidas de luces del semáforo atendiendo a una programación previamente desarrollada y almacenada en la memoria EEPROM externa. Además se logró implementar el protocolo de comunicación con el centro de control a través de un controlador maestro y se diseñó e implementó un método de sincronización que permite realizar esta acción, como máximo, en tres ciclos de un plan. Del microcontrolador PIC18F4550 se utiliza un 63% de la memoria ROM o de programa, mientras que de la RAM está en utilización un 56%. Se usan hasta 14 niveles de la pila de 30 posibles.

En cuanto a las tarjetas de luces, se cuenta con un firmware que es capaz de recibir las fases que se le envía desde la tarjeta

de control. Además ante la pérdida de la comunicación las tarjetas inteligentes de luces son capaces de trabajar por su cuenta, mostrando el plan de emergencia. Se utilizó el 26% de la memoria de programa y 35% de la memoria de datos, además se utilizaron 4 niveles de la pila de 8 posibles del microcontrolador PIC16F876A.

CONCLUSIONES

Al concluir este trabajo se cuenta con un hardware y un firmware funcional que garantiza el control de la intersección semafórica de manera eficiente. Este incluye elementos necesarios para la temporización, comunicaciones, manejo de las salidas de luces, así como la sincronización entre intersecciones. Para lograr esto se realizaron una serie de implementaciones dentro de las cuales se puede concluir lo siguiente.

- El programa de operación del semáforo es almacenado en la memoria EEPROM situada en la Tarjeta de Control. De esta manera permanece seguro ante posibles averías eléctricas o de un mal funcionamiento del microcontrolador y no se sobrecarga el espacio de memoria disponible en este.
- Presenta comunicación USB, ideal para la conexión de otros equipos (PDA y computadoras) al controlador semafórico para la descarga o actualización de los planes de operación.
- Se realizaron mejoras desde el punto de vista de firmware, con respecto a los controladores cubanos desarrollados con anterioridad que incluyen un modo de temporización, para el conteo de tiempo, más eficiente.
- Otra mejora es el aumento de la cantidad de salidas de luces de 16 que podían manejarse con los controladores cubanos anteriores, a 64 que permite este controlador. De esta manera se puede controlar una intersección lo suficientemente compleja.

REFERENCIAS

1. **US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION**, "National ITS Architecture Executive Summary", 2007.
2. "Advanced Transportation Controller (ATC) Standard", 2006.
3. **SIEMENS**, "SITRAFFIC C900V Specifications", 2006.
4. **MICROCHIP TECHNOLOGY INC**, "Hoja técnica del PIC18F4550", 1998, disponible en <http://www.microchip.com>
5. **ST MICROELECTRONICS**, "Hoja técnica del RTC M41t56", 2000, disponible en <http://www.datasheetcatalog.com>.
6. **MICROCHIP TECHNOLOGY INC**, "Hoja técnica de la memoria EEPROM 24AA512", 2005, disponible en <http://www.microchip.com>].
7. **MICROCHIP TECHNOLOGY INC**, Hoja técnica del PIC16F876A, 2003. Disponible en <http://www.microchip.com>

AUTORES

Alejandro Ruiz Villalonga.

Ingeniero, CITI, especialista del proyecto “Sistema Inteligente de gestión y control de Tráfico” perteneciente al programa 3 “Electrónica Automática y Telecomunicaciones”.

aruiz@udio.cujae.edu.cu

Tel: 2603399, ext. 33

Ernesto Ortega Morales.

Ingeniero, CITI, especialista del proyecto “Sistema Inteligente de gestión y control de Tráfico” perteneciente al programa 3 “Electrónica Automática y Telecomunicaciones”.

eortega@udio.cujae.edu.cu

Tel: 2603399, ext. 33

Alejandro J. Cabrera Sarmiento.

Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, CUJAE, Vicedecano de Investigación y Postgrado de la facultad Eléctrica. Jefe del proyecto “Sistema Inteligente de gestión y control de Tráfico” perteneciente al programa 3 “Electrónica Automática y Telecomunicaciones”.

alex@electronica.cujae.edu.cu

Tel: 2603399, ext. 33